

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC986 U.S. PTO  
09/897571  
07/02/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 7月 4日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-202831

出 願 人  
Applicant(s):

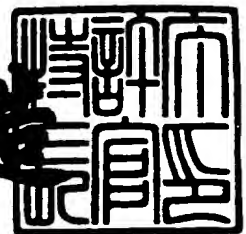
ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3037683

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000565306

【提出日】 平成12年 7月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 01/01

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

    【氏名】 石川 博一

【特許出願人】

    【識別番号】 000002185

    【氏名又は名称】 ソニー株式会社

    【代表者】 出井 伸之

【代理人】

    【識別番号】 100098785

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 019482

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9708092

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学多層構造体および光スイッチング素子、並びに画像表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板上に、低屈折率材料よりなる第 1 の透明層、および高屈折率材料よりなる第 2 の透明層をこの順で配し、かつ、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板と前記第 1 の透明層との間、または、前記第 1 の透明層と前記第 2 の透明層との間に設けた

ことを特徴とする光学多層構造体。

【請求項 2】 前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板の屈折率  $n_m$  と消衰係数  $k_m$ （透明基板の場合は 0）とが次式の関係を満たす

$$1 \leq n_m \leq 5.76$$

$$k_m \leq \sqrt{5.66 - (n_m - 3.38)^2}$$

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 3】 更に、前記間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段を有し、前記駆動手段によって前記間隙部の大きさを変化させることにより、前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板の反対側より入射した光の反射の量を変化させる

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 4】 前記第 1 の透明層および第 2 の透明層の光学的な膜厚は、 $\lambda/4$ （ $\lambda$  は入射光の設計波長）以下である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 5】 前記低屈折率の第 1 の透明層は間隙部である  
ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 6】 前記駆動手段によって、前記間隙部の光学的な大きさを、 $\lambda/4$  の奇数倍と  $\lambda/4$  の偶数倍（0 を含む）との間で、2 値的あるいは連続的に変化させることで、入射光の反射の量を 2 値的あるいは連続的に変化させる

ことを特徴とする請求項 3 記載の光学多層構造体。

【請求項 7】 入射光の吸収のある層、部分若しくは基板が、金属、窒化金属、半導体または不透明な酸化物よりなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 8】 前記第 1 の透明層および前記第 2 の透明層のうちの少なくとも一方が、互いに光学的特性の異なる 2 以上の層により構成された複合層であることを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 9】 前記第 1 の透明層および第 2 の透明層のうちの少なくとも一方において、一部が透明導電膜よりなり、前記駆動手段は、前記 2 つの透明導電膜間、または前記透明導電膜と導電性のある層、部分若しくは基板との間への電圧の印加によって発生した静電力により、前記間隙部の光学的な大きさを変化させるものである

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 10】 前記透明導電膜は、ITO、 $\text{SnO}_2$  および  $\text{ZnO}$  のうちのいずれかにより形成されている

ことを特徴とする請求項 9 記載の光学多層構造体。

【請求項 11】 前記間隙部は、空気、または透明な気体若しくは液体で満たされている

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 12】 前記間隙部は、真空状態である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 13】 前記駆動手段は、磁力を用いて前記間隙部の光学的な大きさを変化させるものである

ことを特徴とする請求項 2 記載の光学多層構造体。

【請求項 14】 入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板上に、高屈折率材料よりなる第 1 の透明層、低屈折率材料よりなる第 2 の透明層

、および高屈折率材料よりなる第 3 の透明層をこの順で配し、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板と前記第 1 の透明層との間、前記第 1 の透明層と前記第 2 の透明層との間、または、前記第 2 の透明層と前記第 3 の透明層との間に設けた

ことを特徴とする光学多層構造体。

【請求項 1 5】 前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板の屈折率  $n_m$  と消衰係数  $k_m$  とが次式の関係を満たし、

$$0.33 \leq n_m \leq 17.45$$

$$k_m \leq \sqrt{73.27 - (n_m - 8.89)^2}$$

かつ、次式の関係を満たさない

$$1 \leq n_m \leq 5.76$$

$$k_m \leq \sqrt{5.66 - (n_m - 3.38)^2}$$

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 1 6】 更に、前記間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段を有し、前記駆動手段によって前記間隙部の大きさを変化させることにより、前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板の反対側より入射した光の反射の量を変化させる

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 1 7】 前記第 1 の透明層および第 2 の透明層の光学的な膜厚は、 $\lambda / 2$  ( $\lambda$  は入射光の設計波長) 以下である

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 1 8】 前記第 3 の透明層の光学的な膜厚は、 $\lambda / 4$  ( $\lambda$  は入射光

の設計波長)である

ことを特徴とする請求項 1 7 記載の光学多層構造体。

【請求項 1 9】 前記駆動手段によって、前記間隙部の光学的な大きさを、 $\lambda/4$  の奇数倍と  $\lambda/4$  の偶数倍 (0 を含む) との間で、2 値的あるいは連続的に変化させることで、入射光の反射の量を 2 値的あるいは連続的に変化させる

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 0】 入射光の吸収のある層、部分若しくは基板が、金属、窒化金属、半導体または不透明な酸化物よりなる

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 1】 前記第 2 の透明層および前記第 3 の透明層のうちの少なくとも一方が、互いに光学的特性の異なる 2 以上の層により構成された複合層である

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 2】 前記第 2 の透明層および第 3 の透明層のうちの少なくとも一方において、一部が透明導電膜よりなり、前記駆動手段は、前記 2 つの透明導電膜間、または前記透明導電膜と導電性のある層、部分若しくは基板との間への電圧の印加によって発生した静電力により、前記間隙部の光学的な大きさを変化させるものである

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 3】 前記透明導電膜は、ITO,  $\text{SnO}_2$  および ZnO のうちのいずれかにより形成されている

ことを特徴とする請求項 2 2 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 4】 前記間隙部は、空気、または透明な気体若しくは液体で満たされている

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 5】 前記間隙部は、真空状態である

ことを特徴とする請求項 1 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 6】 前記駆動手段は、磁力を用いて前記間隙部の光学的な大きさを変化させるものである

ことを特徴とする請求項 1 6 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 7】 入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板上に、低屈折率材料よりなる第 1 の透明層、および高屈折率材料よりなる第 2 の透明層をこの順で配し、かつ、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板と前記第 1 の透明層との間、または、前記第 1 の透明層と前記第 2 の透明層との間に設けた構成を有する光学多層構造体と、

前記間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段と

を備えたことを特徴とする光スイッチング素子。

【請求項 2 8】 前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板の屈折率  $n_m$  と消衰係数  $k_m$  (透明基板の場合は 0) とが次式の関係を満たす

$$1 \leq n_m \leq 5.76$$

$$k_m \leq \sqrt{5.66 - (n_m - 3.38)^2}$$

ことを特徴とする請求項 2 7 記載の光スイッチング素子。

【請求項 2 9】 入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板上に、高屈折率材料よりなる第 1 の透明層、低屈折率材料よりなる第 2 の透明層、および高屈折率材料よりなる第 3 の透明層をこの順で配し、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板と前記第 1 の透明層との間、前記第 1 の透明層と前記第 2 の透明層との間、または、前記第 2 の透明層と前記第 3 の透明層との間に設けた構成を有する光学多層構造体と、

前記間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段と

を備えたことを特徴とする光スイッチング素子。

【請求項 3 0】 前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板の屈折率  $n_m$  と消衰係数  $k_m$  とが次式の関係を満たし、

$$0.33 \leq n_m \leq 17.45$$

$$k_m \leq \sqrt{73.27 - (n_m - 8.89)^2}$$

かつ、次式の関係を満たさない

$$1 \leq n_m \leq 5.76$$

$$k_m \leq \sqrt{5.66 - (n_m - 3.38)^2}$$

ことを特徴とする請求項 29 記載の光スイッチング素子。

【請求項 31】 1 次元または 2 次元に配列された複数の光スイッチング素子に光を照射することで 2 次元画像を表示する画像表示装置であって、

前記光スイッチング素子が、入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板上に、低屈折率材料よりなる第 1 の透明層、および高屈折率材料よりなる第 2 の透明層をこの順で配し、かつ、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板と前記第 1 の透明層との間、または、前記第 1 の透明層と前記第 2 の透明層との間に設けた構成を有する光学多層構造体と

前記間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段と  
を備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 32】 1 次元または 2 次元に配列された複数の光スイッチング素子に光を照射することで 2 次元画像を表示する画像表示装置であって、

前記光スイッチング素子が、入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板上に、高屈折率材料よりなる第 1 の透明層、低屈折率材料よりなる第 2 の透明層、および高屈折率材料よりなる第 3 の透明層をこの順で配し、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、前記入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板と前記第 1 の透明層との間



、前記第 1 の透明層と前記第 2 の透明層との間、または、前記第 2 の透明層と前記第 3 の透明層との間に設けた構成を有する光学多層構造体と、

前記間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段と

を備えたことを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、入射光の反射の量を変化させる機能を有する光学多層構造体、およびこれを用いた光スイッチング素子並びに画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、映像情報の表示デバイスとしてのディスプレイの重要性が高まっており、このディスプレイ用の素子として、更には、光通信、光記憶装置、光プリンタなどの素子として、高速で動作する光スイッチング素子（ライトバルブ）の開発が要望されている。従来、この種の素子としては、液晶を用いたもの、マイクロミラーを用いたもの（DMD ; Digital Micro Mirror Device、デジタルマイクロミラーデバイス、テキサスインスツルメント社の登録商標）、回折格子を用いたもの（GLV : Grating Light Valve, グレーティングライトバルブ、SLM（シリコンライトマシン）社）等がある。

【0003】

GLVは回折格子をMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）構造で作製し、静電力で10nsの高速ライトスイッチング素子を実現している。DMDは同じくMEMS構造でミラーを動かすことによりスイッチングを行うものである。これらのデバイスを用いてプロジェクタ等のディスプレイを実現できるものの、液晶とDMDは動作速度が遅いために、ライトバルブとしてディスプレイを実現するためには2次元配列としなければならず、構造が複雑となる。一方、GLVは高速駆動型であるので、1次元アレイを走査することでプロジェクションディスプレイを実現することができる。

【0004】

しかしながら、GLVは回折格子構造であるため、1ピクセルに対して6つの素子を作り込んだり、2方向に出た回折光を何らかの光学系で1つにまとめる必要があるなどの複雑さがある。

#### 【0005】

簡単な構成で実現できるものとしては、米国特許公報5589974号や米国特許公報5500761号に開示されたものがある。このライトバルブは、ガラスからなる透明基板（屈折率 $n_s$ ）の上に間隙部（ギャップ層）を挟んで、屈折率が $\sqrt{n_s}$ の透光性の薄膜を設けた構造を有している。この素子は、静電力を利用して薄膜を駆動し、基板と薄膜との間の距離、すなわち、間隙部の大きさを変化させることにより、光信号を透過あるいは反射させるものである。ここで、薄膜の屈折率は基板の屈折率 $n_s$ に対して、 $\sqrt{n_s}$ となっており、このような関係を満たすことにより、高コントラストの光変調を行うことができるとされている。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のような構成の素子では、基板の屈折率 $n_s$ が「4」などの大きな値でなければ、可視光領域においては実現することはできないという問題がある。すなわち、透光性薄膜としては、構造体であることを考えると、窒化珪素（SiN）（屈折率 $n=2.0$ ）などの材料が望ましいので、その場合には基板の屈折率 $n_s=4$ となる。可視光領域では、このような透明基板は入手が困難であり、材料の選択肢は狭い。赤外線等の通信用波長では、ゲルマニウム（Ge）（ $n=4$ ）などを用いることにより実現可能であるが、ディスプレイなどの用途には現実的には適用することは難しいと思われる。

#### 【0007】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、簡単な構成で、小型軽量であると共に、構成材料の選択にも自由度があり、可視光領域においても、高速応答が可能であり、画像表示装置に好適に用いることができる光学多層構造体を提供することにある。

#### 【0008】

また、本発明の第2の目的は、上記光学多層構造体を用いた高速応答が可能な光スイッチング素子および画像表示装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明による第1の光学多層構造体は、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板上に、低屈折率材料よりなる第1の透明層、および高屈折率材料よりなる第2の透明層をこの順で配し、かつ、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板と第1の透明層との間、または、第1の透明層と第2の透明層との間に設けた構成を有するものである。なお、この第1の光学多層構造体では、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板の屈折率  $n_m$  と消衰係数  $k_m$  (透明基板の場合は0) とが次式(1)、(2)の関係を満たすことが望ましい。

$$1 \leq n_m \leq 5.76 \quad \dots\dots (1)$$

$$k_m \leq \sqrt{5.66 - (n_m - 3.38)^2} \quad \dots\dots (2)$$

【0010】

なお、本明細書においては、「高屈折率材料」とは、 $TiO_2$  ( $n=2.4$ )、 $Nb_2O_5$  ( $n=2.1$ )、 $Ta_2O_5$  ( $n=2.1$ ) などの屈折率  $n$  が2.0以上のものをいい、「低屈折率材料」とは、例えば  $MgF_2$  ( $n=1.38$ )、 $SiO_2$  ( $n=1.46$ )、 $Al_2O_3$  ( $n=1.67$ ) などの屈折率  $n$  が2.0未満のものをいうものとする。

【0011】

本発明による第2の光学多層構造体は、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板上に、高屈折率材料よりなる第1の透明層、低屈折率材料よりなる第2の透明層、および高屈折率材料よりなる第3の透明層をこの順で配し、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板と第1の透明層との

間、第 1 の透明層と第 2 の透明層との間、または、第 2 の透明層と第 3 の透明層との間に設けた構成を有するものである。なお、この第 2 の光学多層構造体では、入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板の屈折率  $n_m$  と消衰係数  $k_m$  とが次式 (3), (4) の関係を満たし、

$$0.33 \leq n_m \leq 17.45 \quad \dots\dots (3)$$

$$k_m \leq \sqrt{73.27 - (n_m - 8.89)^2} \quad \dots\dots (4)$$

かつ、上記 (1), (2) 式の間関係を満たさないことが望ましい。

#### 【0012】

本発明による第 1 の光スイッチング素子は、本発明の第 1 の光学多層構造体と、この光学多層構造体における間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段とを備えたものであり、また、本発明による第 2 の光スイッチング素子は、本発明の第 2 の光学多層構造体と、この光学多層構造体における間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段とを備えたものである。

#### 【0013】

本発明による第 1 の画像表示装置は、本発明による第 1 の光スイッチング素子を複数個、1 次元あるいは 2 次元に配列したものであり、3 原色の光を照射することで 2 次元画像を表示するものである。

#### 【0014】

本発明による第 2 の画像表示装置は、本発明による第 2 の光スイッチング素子を複数個、1 次元あるいは 2 次元に配列したものであり、同じく、3 原色の光を照射することで 2 次元画像を表示するものである。

#### 【0015】

本発明による第 1 の光学多層構造体では、第 1 の透明層と第 2 の透明層との間の間隙部の大きさを、 $\lambda/4$  の奇数倍と  $\lambda/4$  の偶数倍 (0 を含む) との間で、2 値的あるいは連続的に変化させることにより、入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板の反対側から入射した入射光の反射の

量が 2 値的あるいは連続的に変化する。

【0016】

また、本発明による第 2 の光学多層構造体では、第 1 の透明層と第 2 の透明層との間の間隙部の大きさを、同じく、 $\lambda/4$  の奇数倍と  $\lambda/4$  の偶数倍（0 を含む）との間で、2 値的あるいは連続的に変化させることにより、入射光の透過が 0 となる吸収のある層、部分若しくは基板の反対側から入射した入射光の反射の量が 2 値的あるいは連続的に変化する。

【0017】

本発明による第 1 および第 2 の光スイッチング素子では、駆動手段によって、光学多層構造体の間隙部の光学的な大きさが変化することにより、入射光に対してスイッチング動作がなされる。

【0018】

本発明による第 1 および第 2 の画像表示装置では、1 次元あるいは 2 次元に配列された本発明の複数の光スイッチング素子に対して光が照射されることによって 2 次元画像が表示される。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0020】

〔第 1 の実施の形態〕

図 1 および図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る光学多層構造体 1 の基本的な構成を表すものである。このうち図 1 は光学多層構造体 1 における後述の間隙部 13 が存在している状態、図 2 は光学多層構造体 1 の間隙部がないときの状態をそれぞれ示している。なお、この光学多層構造体 1 は具体的には例えば光スイッチング素子として用いられ、この光スイッチング素子を複数個、1 次元のアレイ状または 2 次元に配列することにより、画像表示装置を構成することができる。

【0021】

本実施の形態の光学多層構造体 1 は、例えば金属からなる基板 10 の上に、高

屈折率材料からなる第 1 の透明層 1 1、低屈折率材料からなる第 2 の透明層 1 2、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさを変化させることのできる間隙部 1 3、および高屈折率材料からなる第 3 の透明層 1 4 を積層して構成したものである。

## 【 0 0 2 2 】

なお、間隙部 1 3 の位置は、図 1 に示した例（第 2 の透明層 1 2 と第 3 の透明層 1 4 との間）に限るものではなく、基板 1 0 と第 1 の透明層 1 1 との間、あるいは第 1 の透明層 1 1 と第 2 の透明層 1 2 との間に設けるようにしてもよい。但し、高反射側での反射特性は、その間隙部の位置によって異なる。

## 【 0 0 2 3 】

また、本実施の形態では、基板 1 0 の屈折率を  $n_m$ 、消衰係数  $k_m$  とが次式（5）、（6）の関係を満たし、

$$0.33 \leq n_m \leq 17.45 \quad \dots\dots (5)$$

$$k_m \leq \sqrt{73.27 - (n_m - 8.89)^2} \quad \dots\dots (6)$$

かつ、次式（7）、（8）の関係を満たさないように構成されている。その意義については後述する。

$$1 \leq n_m \leq 5.76 \quad \dots\dots (7)$$

$$k_m \leq \sqrt{5.66 - (n_m - 3.38)^2} \quad \dots\dots (8)$$

## 【 0 0 2 4 】

基板 1 0 の具体的な材質としては、例えばクロム（C r）やチタン（T i）などの金属が挙げられるが、その他、窒化チタン（T i N<sub>x</sub>）などの窒化金属、ゲルマニウム（G e）などの半導体、または酸化クロム（C r O）などの不透明な酸化物よりなるものでもよい。

## 【 0 0 2 5 】

第 1 の透明層 1 1 および第 3 の透明層 1 4 を構成する「高屈折率材料」とは、屈折率  $n$  が 2. 0 以上のものをいい、例えば  $\text{TiO}_2$  ( $n = 2. 4$ )、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$  ( $n = 2. 1$ )、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  ( $n = 2. 1$ ) などが挙げられる。一方、第 2 の透明層 1 2 を構成する「低屈折率材料」とは、屈折率  $n$  が 2. 0 未満のものをいい、例えば  $\text{MgF}_2$  ( $n = 1. 38$ )、 $\text{SiO}_2$  ( $n = 1. 46$ )、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $n = 1. 67$ ) などが挙げられる。なお、低屈折率の第 2 の透明層 1 2 は、後述の間隙部 1 3 と同じような空気層 ( $n = 1. 0$ ) などにより構成するようにしてもよい。但し、この場合にはこの第 2 の透明層（空気層）の大きさ  $d_2$  は一定とする。

## 【 0 0 2 6 】

なお、ここでは、最下層の部分を基板 1 0 としているが、入射光を吸収し、例えば 1 0 0 nm 以上の Cr 膜などの透過光が実質的に 0 となる層や部分に置き換えてもよい。

## 【 0 0 2 7 】

第 1 の透明層 1 1 および第 2 の透明層 1 2 の光学的な膜厚  $d_1$ 、 $d_2$  は、「 $\lambda/2$ 」以下 ( $\lambda$  は入射光の設計波長) である。また、第 3 の透明層 1 4 の光学的な膜厚  $d_3$  は、「 $\lambda/4$ 」である。なお、これら膜厚  $d_1$ 、 $d_2$  は厳密に「 $\lambda/2$ 」や「 $\lambda/4$ 」でなくとも、その近傍の値でもよい。これは、例えば第 1 の透明層 1 1 の膜厚  $d_1$  が  $\lambda/2$  より厚くなった分、第 2 の透明層 1 2 を薄くするなどすることにより補完できるからであり、また、式 (5) ~ (8) での屈折率の理想値からの多少のずれは膜厚で補完できる場合があるからである。よって、本明細書においては、「 $\lambda/2$ 」や「 $\lambda/4$ 」の表現には、「ほぼ  $\lambda/2$ 」や「ほぼ  $\lambda/4$ 」の場合も含まれるものとする。

## 【 0 0 2 8 】

なお、第 2 の透明層 1 2 および第 3 の透明層 1 4 は、いずれも互いに光学的特性の異なる 2 以上の層で構成された複合層としてもよいが、この場合には複合層における合成した光学的特性（光学アドミッタンス）が単層の場合と同等な特性を有するものとする必要がある。

## 【 0 0 2 9 】

間隙部 13 は、後述の駆動手段によって、その大きさ（第 2 の透明層 12 と第 3 の透明層 14 との間隔）が可変である。間隙部 13 を埋める媒体は、透明であれば気体でも液体でもよい。気体としては、例えば、空気（ナトリウム D 線（589.3 nm）に対する屈折率  $n_D = 1.0$ ）、窒素（ $N_2$ ）（ $n_D = 1.0$ ）など、液体としては、水（ $n_D = 1.333$ ）、シリコンオイル（ $n_D = 1.4 \sim 1.7$ ）、エチルアルコール（ $n_D = 1.3618$ ）、グリセリン（ $n_D = 1.4730$ ）、ジォードメタン（ $n_D = 1.737$ ）などが挙げられる。なお、間隙部 13 を真空状態とすることもできる。

#### 【0030】

間隙部 13 の光学的な大きさ  $d_4$  は、「 $\lambda/4$  の奇数倍」と「 $\lambda/4$  の偶数倍（0 を含む）」との間で、2 値的あるいは連続的に変化するものである。これにより入射光の反射の量が 2 値的あるいは連続的に変化する。なお、上記第 3 の透明層 14 の膜厚の場合と同様に、「 $\lambda/4$ 」の表現には、「ほぼ  $\lambda/4$ 」の場合も含まれるものとする。

#### 【0031】

上記間隙部 13 を有する光学多層構造体 1 は、例えば図 3 および図 4 に示した製造プロセスにより作製することができる。まず、図 3（A）に示したように例えば Cr からなる基板 10 の上に、例えばスパッタリング法により  $TiO_2$  からなる第 1 の透明層 11 を形成し、次いで、図 3（B）に示したように、第 1 の透明層 11 上に例えばスパッタリング法により  $SiO_2$  からなる第 2 の透明層 12 を形成し、次いで例えば CVD（Chemical Vapor Deposition: 化学的気相成長）法により犠牲層としての非晶質シリコン（a-Si）膜 13a を形成する。続いて、図 3（C）に示したように、間隙部 13 のパターン形状を有するフォトリソ膜 20 を形成し、図 3（D）に示したようにこのフォトリソ膜 20 をマスクとして、例えば RIE（Reactive Ion Etching）により非晶質シリコン（a-Si）膜 13a を選択的に除去する。

#### 【0032】

次に、図 4（A）に示したようにフォトリソ膜 20 を除去した後、図 4（B）に示したように例えばスパッタリング法により  $TiO_2$  からなる第 3 の透明



層 14 を形成する。次いで、図 4 (C) に示したように、ドライエッチングにより非晶質シリコン (a-Si) 膜 13a を除去する。これにより、間隙部 13 を備えた光学多層構造体 1 を作製することができる。

#### 【0033】

本実施の形態の光学多層構造体 1 では、間隙部 13 の光学的な大きさを変化させることにより、基板 10 の反対側より入射した光の反射の量を変化させるものである。具体的には、間隙部 13 の光学的な大きさを、 $\lambda/4$  の奇数倍と  $\lambda/4$  の偶数倍 (0 を含む) との間 (例えば、「 $\lambda/4$ 」と「0」の間) で、2 値的あるいは連続的に変化させることによって、入射光の反射の量を 2 値的あるいは連続的に変化させることができる。

#### 【0034】

次に、図 5 ～図 9 を参照して、上記の式 (5) ～ (8) の意義について説明する。

#### 【0035】

光学多層構造体 1 のフィルタ特性は、光学アドミッタンスによって説明することができる。光学アドミッタンス  $y$  は、複素屈折率  $N (= n - i \cdot k, n$  は屈折率,  $k$  は消衰係数) と値が同じである。例えば、空気のアドミッタンスは  $y(\text{air}) = 1$ 、 $n(\text{air}) = 1$ 、ガラスのアドミッタンスは  $y(\text{glass}) = 1.52$ 、 $n(\text{glass}) = 1.52$  である。

#### 【0036】

基板上に光学膜を形成すると、図 5 (B) に示したような光学アドミッタンスダイヤグラム上で、膜厚に伴い円弧を描いて軌跡が移動する。ここに、横軸はアドミッタンスの実軸 ( $R_e$ )、縦軸はアドミッタンスの虚軸 ( $I_m$ ) をそれぞれ示している。例えば、 $n = y = 1.52$  のガラス基板上に  $n = y = 2.40$  の  $\text{TiO}_2$  などを成膜すると、その合成アドミッタンスの軌跡は、膜厚の増加に伴って  $y = 1.52$  の点から円弧を描きながら移動する。もし、 $\text{TiO}_2$  の光学的な膜厚が  $\lambda/4$  のときには、合成アドミッタンスの軌跡は、実軸上の 3.79 の点に帰着する ( $\lambda/4$  法則)。これはガラス基板 (透明基板) 上に  $\lambda/4$  の膜厚の  $\text{TiO}_2$  膜を成膜したときの合成アドミッタンスである。つまり、この構造体を

上から見ると、 $n = 3.79$ の一体の基板を見ているのと同じようになる。このときの反射率は、空気との界面では次式(9)で求まるので、反射率 $R = 33.9\%$ となる。

【0037】

$$R = (n - 1 / n + 1)^2 \dots\dots (9)$$

【0038】

次に、この光学多層構造体の上に、更に、 $n = y = 1.947$ の膜を光学膜厚 $= \lambda / 4$ だけ成膜すると、光学アドミッタンスダイヤグラム上では、 $3.79$ の点から右回りに軌跡が移動する。その合成アドミッタンスは、 $Y = 1.0$ となり、実軸上の $1.0$ の点となる。すなわち、これは合成アドミッタンス=合成屈折率が $1.0$ と同等、つまり空気と同等となるので、その界面では反射がなくなり、所謂Vコートの反射膜とみなすことができる。

【0039】

一方、上記 $TiO_2$ 膜( $n = 2.4$ )の膜の上に、 $n = 1$ (空気)の間隙部を光学膜厚 $= \lambda / 4$ だけ設けた場合には、その合成アドミッタンスは、図6(A)、(B)に示したように、 $Y_2 = 0.2638$ となる。更に、その間隙部上に $n = y = 1.947$ の膜を光学膜厚 $= \lambda / 4$ だけ成膜すると、その合成アドミッタンスは、 $Y_3 = 14.37$ となり、実軸上の $14.37$ の点となる。そのときの反射率は上記(9)式の $n$ を $Y_3 = 14.37$ として求め、このとき反射率 $R = 76\%$ となる。以上のことから、間隙部13の空気層を「0」から「 $\lambda / 4$ 」の光学膜厚まで変化させると、反射率は「0%」から「76%」へと変化することがわかる。

【0040】

以上は基板がガラスなどの透明な非金属材料、すなわち、前述の複素屈折率 $N = n - i \cdot k$ において、 $k = 0$ の場合である。これに対して、基板が不透明な金属材料の場合には、 $k = 0$ ではないので、アドミッタンスダイヤグラムの軌跡の出発点は、ダイヤグラム上で $(n, -k)$ となる。基板が例えばクロム(Cr)の場合には、図7に示したように、入射波長 $\lambda = 550\text{nm}$ に対しては $n = 3.11$ 、 $k = 4.42$ である。先の例と同じように、反射防止特性を得るために、

Cr の点 (3. 1 1, -4. 4 2) 上に  $\text{TiO}_2$  ( $n=2. 4 0$ ) などの高屈折率層 (第 1 の透明層 1 1) を形成し、この第 1 の透明層 1 1 上に  $\text{SiO}_2$  ( $n=1. 4 6$ ) などの低屈折率層 (第 2 の透明層 1 2) を形成すると、合成アドミッタンスは実軸  $R_e$  上で (0, 5. 7 6) の点となる。よって、この第 2 の透明層 1 2 の上に、膜厚  $\lambda/4$  で  $\text{TiO}_2$  ( $n=2. 4$ ) などの高屈折率層 (第 3 の透明層 1 4) を形成すると、合成アドミッタンスの軌跡は実軸 (0, 1) の点に帰着し、反射がなくなる。すなわち、図 2 に示したように、光学多層構造体 1 の間隙部 1 3 が「0」の状態では、入射光は吸収され、反射光は生じない。

## 【0 0 4 1】

## 〔第 2 の実施の形態〕

上記の説明では、基板 1 0 の上に、高屈折率材料よりなる第 1 の透明層 1 1、低屈折率材料よりなる第 2 の透明層 1 2、および高屈折率材料よりなる第 3 の透明層 1 4 を、この順で配した構成としているが、基板 1 0 が不透明の金属材料からなる場合には、その複素屈折率つまりアドミッタンスの出発点によって、図 8 あるいは図 9 に示したように、基板 1 0 の上に、低屈折率材料よりなる第 1 の透明層 2 1、および高屈折率材料よりなる第 2 の透明層 2 2 を、この順で配した構成とする必要がある場合がある。

## 【0 0 4 2】

ここで、図 8 に示した光学多層構造体 2 は、低屈折率材料よりなる第 1 の透明層 2 1 と高屈折率材料よりなる第 2 の透明層 2 2 との間に、例えば空気層からなる間隙部 2 3 を設け、一方、図 9 に示した光学多層構造体 3 は、基板 1 0 と低屈折率材料よりなる第 1 の透明層 2 1 との間に、例えば空気層からなる間隙部 2 3 を設けたものである。なお、低屈折率の第 1 の透明層 2 1 は、間隙部 2 3 と同じ空気層 ( $n=1. 0$ ) により構成するようにしてもよい。但し、このときの空気層は間隙部 2 3 とは異なり、その大きさは変わらないものとする。

## 【0 0 4 3】

図 1 0 は、第 1 の実施の形態 (図 1) と、第 2 の実施の形態 (図 8 および図 9) の光学多層構造体の設計上の相違点を説明するためのアドミッタンスダイヤグラムである。この図は、可視光域において現実的に使用可能なものの中で、第 1

の透明層 11 として屈折率が最も高い  $\text{TiO}_2$  ( $n=2.4$ )、第 2 の透明層 12 として屈折率が最も低い  $\text{MgF}_2$  ( $n=1.38$ ) を用いた構成の場合と、逆に、第 1 の透明層 21 として  $\text{MgF}_2$  ( $n=1.38$ )、第 2 の透明層 22 として  $\text{TiO}_2$  ( $n=2.4$ ) を用いた構成の場合の、適用可能な基板の出発材料の範囲を示したものである。

## 【0044】

図 10 において、左下がりのハッチングで示した第 1 の領域 A が、基板 10 の上に低屈折率の第 1 の透明層 21 および高屈折率の第 2 の透明層 22 を形成した構成の場合（すなわち、図 8 または図 9 の光学多層構造体 2, 3）に対応している。この第 1 の領域 A に対応する基板材料としては、カーボン (C)、シリコン (Si)、ゲルマニウム (Ge)、タンタル (Ta) などがある。一方、右下がりのハッチングで示した第 2 の領域 B が、基板 10 の上に高屈折率の第 1 の透明層 11、低屈折率の第 2 の透明層 12、間隙部 13 および高屈折率の第 3 の透明層 14 を形成した構成の場合（すなわち、図 1 の光学多層構造体 1）に対応する。なお、この第 2 の領域 B には、前述のように間隙部 13 の位置が、基板 10 と第 1 の透明層 11 との間、あるいは第 2 の透明層 12 と第 3 の透明層 14 との間にある構成の場合も含まれている。この第 2 の領域 B に対応する基板材料としては、上述の Cr の他、Ti, Nb がある。

## 【0045】

ここで、図 8 または図 9 の光学多層構造体 2, 3 に適用される第 1 の領域 A は、入射光の波長  $\lambda$  に対して、基板 10 の材料の屈折率を  $n_m$ 、消衰係数を  $k_m$ （透明基板の場合は 0）とすると、前述の式 (7), (8) の関係を満たす領域である。

## 【0046】

一方、図 1 の光学多層構造体 1 に適用される第 2 の領域 B は、前式 (5), (6) の関係を満たし、かつ、式 (7), (8) の関係を満たす領域（第 1 の領域 A）の部分を除いた領域である。なお、基板／低屈折率層／間隙部／高屈折率層の構成を有する光学多層構造体 2（図 8）、あるいは基板／間隙部／低屈折率層／高屈折率層の構成を有する光学多層構造体 3（図 9）の場合には、屈折率  $n=1$

． 9 0 以上、 5 . 7 6 以下で、消衰係数  $k = 0$  の透明基板も式 ( 7 ) , ( 8 ) の関係を満足するので、金属以外の、ガラス、プラスチック等からなる透明基板も適用可能である。

## 【 0 0 4 7 】

なお、 $n$  の値のより低い高屈折率材料や  $n$  の値のより高い低屈折率材料を用いると、上記の範囲は狭くなり、また、上記範囲外の部分であっても解はあるが、層数は増す。

## 【 0 0 4 8 】

## 〔具体例〕

図 1 1 は図 1 の光学多層構造体 1 において、基板 1 0 として  $\text{Cr}$  ( $n_m = 3.12$ ,  $k = 4.42$ )、第 1 の透明層 1 1 として  $\text{TiO}_2$  膜 ( $n_1 = 2.32$ )、第 2 の透明層 1 2 として  $\text{SiO}_2$  膜 ( $n = 1.46$ )、間隙部 1 3 として空気層 ( $n = 1.00$ )、第 3 の透明層 1 4 として  $\text{TiO}_2$  膜を用いた場合の入射光の波長 (設計波長  $550 \text{ nm}$ ) と反射率との関係を表すものである。ここでは、間隙部 (空気層) の光学膜厚が「0」と「 $\lambda/4$ 」の場合の特性を表している。

## 【 0 0 4 9 】

図 1 2 ( A ) , ( B ) はこのときのアドミッタンスダイヤグラムを表すものであり、図 1 2 ( A ) は間隙部 (空気層) の光学膜厚が「0」の場合の特性 (すなわち、低反射時の特性)、図 1 2 ( B ) は間隙部 (空気層) の光学膜厚が「 $\lambda/4$ 」の場合の特性 (すなわち、高反射時の特性) をそれぞれ示している。

## 【 0 0 5 0 】

図 1 1 に示した特性図からも明らかなように、図 1 に示した光学多層構造体 1 では、間隙部 (空気層) 1 3 の光学膜厚が「 $\lambda/4$ 」の場合には入射光 ( $\lambda = 550 \text{ nm}$ ) に対して高反射特性、間隙部 1 3 の光学膜厚が 0 の場合には低反射特性をそれぞれ示すことが分かる。

## 【 0 0 5 1 】

更に、図 1 3 および図 1 4 は、図 1 の光学多層構造体 1 における高反射時の反射率特性が、間隙部 1 3 の位置によって異なる状況を表すものである。図 1 3 中、( a ) は基板 1 0 と第 1 の透明層 (高屈折率層) 1 1 との間、( b ) は第 1 の

透明層（高屈折率層）11と第2の透明層（低屈折率層）12との間、（c）は第2の透明層12と第3の透明層14との間（図1，図11，図12の例に対応）に間隙部13を設けた場合の特性をそれぞれ示している。高反射時の反射率特性としては、（a）の構成の場合が最も良く、続いて、（c），（b）の場合の構成となっている。なお、（d）は低反射時の反射率特性を示している。

## 【0052】

図15は、図8に示した構成の光学多層構造体2において、基板10としてタンタル（Ta）（ $n_m = 2.46$ ， $k = 1.90$ ）、第1の透明層（低屈折率層）11としてMgF<sub>2</sub>膜（ $n_1 = 1.38$ ）、第2の透明層（高屈折率層）12としてTiO<sub>2</sub>膜（ $n = 2.32$ ）、第1の透明層11と第2の透明層12との間に配置される間隙部13として空気層（ $n = 1.00$ ）を用いた場合の入射光（設計波長550nm）に対する反射特性を表すものである。ここでは、間隙部（空気層）の光学膜厚が「0」と「 $\lambda/4$ 」の場合の特性を表している。

## 【0053】

図16（A），（B）はこのときのアドミッタンスダイアグラムを表すものであり、図16（A）は間隙部（空気層）の光学膜厚が「0」の場合の特性（低反射時の特性）、図16（B）は間隙部（空気層）の光学膜厚が「 $\lambda/4$ 」の場合の特性（高反射時の特性）をそれぞれ示している。

## 【0054】

図17は、図9に示した構成の光学多層構造体3において、基板10としてタンタル（Ta）（ $n_m = 2.46$ ， $k = 1.90$ ）、第1の透明層（低屈折率層）11としてMgF<sub>2</sub>膜（ $n_1 = 1.38$ ）、第2の透明層（高屈折率層）12としてTiO<sub>2</sub>膜（ $n = 2.32$ ）、基板10と第1の透明層11との間に配置される間隙部13として空気層（ $n = 1.00$ ）を用いた場合の入射光（設計波長550nm）に対する反射特性を表すものである。ここでも、間隙部（空気層）の光学膜厚が「0」と「 $\lambda/4$ 」の場合の特性を表している。図18は光学膜厚が「 $\lambda/4$ 」のときのアドミッタンスダイアグラムを表すものである。

## 【0055】

図15および図16のいずれの構成の場合も、間隙部（空気層）13の光学膜

厚が「 $\lambda/4$ 」の場合には入射光（ $\lambda = 550 \text{ nm}$ ）に対して高反射特性、間隙部 13 の光学膜厚が「0」の場合には低反射特性をそれぞれ示し、また、両者はほぼ同等の特性を有することが分かる。

## 【0056】

このように第1および第2の実施の形態の光学多層構造体1～3では、例えば550 nmなどの可視光領域においても、高コントラストな変調を行うことができる。しかも、簡単な構成であり、可動部分の移動範囲も高々「 $\lambda/2$ 」あるいは「 $\lambda/4$ 」であるため、高速応答が可能になる。従って、この光学多層構造体を用いることにより、高速な光スイッチング素子および画像表示装置を実現することができる。

## 【0057】

以上の実施の形態では、光学多層構造体の間隙部を一層としたが、複数層、例えば図19に示したように2層設けるようにしてもよい。すなわち、基板10上に、第1の透明層11、第2の透明層12、第1の間隙部13、第3の透明層14、第2の間隙部30、第3の透明層31をこの順に形成し、第2の透明層13および第3の透明層31それぞれを例えば窒化シリコンからなる支持体32により支持したものである。

## 【0058】

この光学多層構造体では、中間の第2の透明層12が上下に変位し、第1の間隙部13と第2の間隙部30の一方の間隙が狭くなった分、他方の間隙部が広まることにより、反射特性が変化する。

## 【0059】

## 〔駆動方法〕

次に、上記光学多層構造体1における間隙部13の大きさを変化させるための具体的な手段について説明する。なお、光学多層構造体2、3の場合についても同様である。

## 【0060】

図20は、静電気により光学多層構造体1を駆動する例を示している。この光学多層構造体は、基板10の上の第1の透明層11の両側にそれぞれ例えばアル

ミニウム (A1) からなる電極 16a, 16a を設けると共に、第3の透明層 14 を例えば窒化シリコン ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) からなる支持体 15 により支持し、この支持体 15 の電極 16a, 16a に対向する位置に電極 16b, 16b を形成したものである。

## 【0061】

この光学多層構造体 1 では、電極 16a, 16a および電極 16b, 16b への電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部 13 の光学膜厚を、例えば「 $\lambda/4$ 」と「0」との間との間で2値的に切り替えるものである。勿論、電極 16a, 16a、電極 16b, 16b への電圧印加を連続的に変化させることにより、間隙部 13 の大きさがある値の範囲で連続的に変化させ、入射した光の反射の量を連続的 (アナログ的) に変化させるようにすることも可能である。

## 【0062】

光学多層構造体を静電気で駆動するものとしては、その他、例えば図 21 に示した方法によってもよい。この光学多層構造体は、第2の透明層 12 上に例えば ITO (Indium-Tin Oxide) からなる透明導電膜 17a を設けると共に、例えば  $\text{Si}_3\text{N}_4$  などからなる第3の透明層 14 を架橋構造に形成し、この第3の透明層 14 の内面に同じく ITO からなる透明導電膜 17b を設けたものである。透明導電膜としては、ITO の他、酸化スズ ( $\text{SnO}_2$ ) および酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ ) などを用いることができる。

## 【0063】

この光学多層構造体では、透明導電膜 17a, 17b 間への電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部 13 の光学膜厚を切り替えることができる。なお、静電気で駆動する方法としては、2つの透明導電膜間に電圧を印加する方法だけでなく、基板 10 を導電性材料により構成し、この基板 10 と透明導電膜との間に電圧を印加する方法もある。

## 【0064】

光学多層構造体の駆動は、このような静電気の他、トグル機構や圧電素子などのマイクロマシンを用いる方法、磁力を用いる方法や、形状記憶合金を用いる方



法など、種々考えられる。図22(A), (B)は磁力を用いて駆動する態様を示したものである。この光学多層構造体では、第3の透明層14の上に開孔部を有するコバルト(Co)などの磁性材料からなる磁性層40を設けると共に基板10の下部に電磁コイル41を設けたものであり、この電磁コイル41のオン・オフの切り替えにより、間隙部13の間隔を例えば「 $\lambda/4$ 」(図22(A))と「0」(図22(B))との間で切り替え、これにより反射率を変化させることができる。

#### 【0065】

##### 〔光スイッチング装置〕

図23は、上記光学多層構造体1を用いた光スイッチング装置100の構成を表すものである。光スイッチング装置100は、金属例えばCrからなる基板101上に複数(図では4個)の光スイッチング素子100A~100Dを一次元アレイ状に配設したものである。なお、1次元に限らず、2次元に配列した構成としてもよい。この光スイッチング装置100では、基板101の表面の一方向(素子配列方向)に沿って例えば高屈折率の $TiO_2$ 膜102aおよび低屈折率の $SiO_2$ 膜102bがこの順で形成されている。 $SiO_2$ 膜102b上には、例えばITO(Indium-Tin Oxide: インジウムと錫の酸化物混合膜)膜103が形成されている。ここで、 $TiO_2$ 膜102aが第1の透明層、 $SiO_2$ 膜102bが第2の透明層にそれぞれ対応している。

#### 【0066】

基板101上には、 $TiO_2$ 膜102a、 $SiO_2$ 膜102bおよびITO膜103に対して直交する方向に、4本の高屈折率の $TiO_2$ 膜105が配設されている。 $TiO_2$ 膜105の外側には透明導電膜としてのITO膜106が形成されている。 $TiO_2$ 膜105が第1の実施の形態の第3の透明層に対応するもので、ITO膜103を跨ぐ位置において架橋構造となっている。第1の透明層および第2の透明層の光学的な膜厚は、例えば「 $\lambda/4$ 」( $\lambda$ は入射光の波長(550nm))程度である。ITO膜103とITO膜106の間には、スイッチング動作(オン・オフ)に応じてその大きさが変化する間隙部104が設けられている。間隙部104の光学膜厚は、例えば「 $\lambda/4$ 」(137.5nm)

と「0」との間で変化するようになっている。なお、ここでは、図1に示した光学多層構造体1を適用した例について説明しているが、図8あるいは図9に示した光学多層構造体2, 3を適用するようしてもよい。

#### 【0067】

光スイッチング素子100A~100Dは、透明導電膜（ITO膜103, 106）への電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部104の光学膜厚を、例えば「 $\lambda/4$ 」と「0」との間で切り替える。図23では、光スイッチング素子100A, 100Cが間隙部104が「0」の状態（すなわち、低反射状態）、光スイッチング素子100B, 100Dが間隙部104が「 $\lambda/4$ 」の状態（すなわち、高反射状態）を示している。なお、透明導電膜（ITO膜103, 106）と電圧印加装置（図示せず）とにより、本発明の「駆動手段」を構成している。

#### 【0068】

この光スイッチング装置100では、第1の透明層側のITO膜103を接地して電位を0Vとし、第2の透明層側に形成されたITO膜106に例えば+12Vの電圧を印加すると、その電位差によりITO膜103, 106間に静電引力が発生し、図23では光スイッチング素子100A, 100CのようにITO膜103, 106が密着し、間隙部13が「0」の状態となる。この状態では、入射光 $P_1$ は上記多層構造体に吸収される。

#### 【0069】

次に、第2の透明層側の透明導電膜106を接地させ電位を0Vにすると、ITO膜103, 106間の静電引力がなくなり、図23では光スイッチング素子100B, 100DのようにITO膜103, 106間が離間して、間隙部104が「 $\lambda/4$ 」の状態となる。この状態では、入射光 $P_1$ は素子により反射され、反射光 $P_3$ となる。

#### 【0070】

このようにして、本実施の形態では、光スイッチング素子100A~100D各々において、入射光 $P_1$ を静電力により間隙部を2値に切り替えることによって、反射光 $P_3$ の取り出しの有無を選択することができる。

## 【0071】

これら光スイッチング素子100A～100Dでは、可動部分の動かなくてはならない距離が、大きくても入射光の「 $\lambda/2$ （あるいは $\lambda/4$ ）」程度であるため、応答速度が10ns程度に十分高速である。よって、一次元アレイ構造で表示用のライトバルブを実現することが可能となる。

## 【0072】

加えて、本実施の形態では、1ピクセルに複数の光スイッチング素子を割り当てれば、それぞれ独立に駆動可能であるため、これら光スイッチング素子100A～100Dによって1画素を構成すれば、画像表示装置として、画像表示の階調表示を行う場合に、時分割による方法だけではなく、面積による階調表示も可能である。

## 【0073】

## 〔画像表示装置〕

図24は、上記光スイッチング装置100を用いた画像表示装置の一例として、プロジェクションディスプレイの構成を表すものである。ここでは、光スイッチング素子100A～100Dからの反射光 $P_3$ を画像表示に使用する例について説明する。

## 【0074】

このプロジェクションディスプレイは、赤（R）、緑（G）、青（B）各色のレーザからなる光源200a、200b、200cと、各光源に対応して設けられた光スイッチング素子アレイ201a、201b、201c、ダイクロイックミラー202a、202b、202c、プロジェクションレンズ203、1軸スキャナとしてのガルバノミラー204および投射スクリーン205を備えている。なお、3原色は、赤緑青の他、シアン、マゼンダ、イエローとしてもよい。スイッチング素子アレイ201a、201b、201cはそれぞれ、上記スイッチング素子を紙面に対して垂直な方向に複数、必要画素数分、例えば1000個を1次元に配列したものであり、これによりライトバルブを構成している。

## 【0075】

このプロジェクションディスプレイでは、RGB各色の光源200a、200

b, 2 0 0 c から出た光は、それぞれ光スイッチング素子アレイ 2 0 1 a, 2 0 1 b, 2 0 1 c に入射される。なお、この入射角は偏光の影響がでないように、なるべく 0 に近くし、垂直に入射させるようにすることが好ましい。各光スイッチング素子からの反射光  $P_3$  は、ダイクロイックミラー 2 0 2 a, 2 0 2 b, 2 0 2 c によりプロジェクションレンズ 2 0 3 に集光される。プロジェクションレンズ 2 0 3 で集光された光は、ガルバノミラー 2 0 4 によりスキャンされ、投射スクリーン 2 0 5 上に 2 次元の画像として投影される。

## 【 0 0 7 6 】

このように、このプロジェクションディスプレイでは、複数の光スイッチング素子を 1 次元に配列し、R G B の光をそれぞれ照射し、スイッチング後の光を 1 軸スキャナにより走査することによって、2 次元画像を表示することができる。

## 【 0 0 7 7 】

また、本実施の形態では、低反射時の反射率を 0. 1 % 以下、高反射時の反射率を 7 0 % 以上とすることができるので、1, 0 0 0 対 1 程度の高コントラストの表示を行うことができると共に、素子に対して光が垂直に入射する位置で特性を出すことができるので、光学系を組み立てる際に、偏光等を考慮する必要がなく、構成が簡単である。

## 【 0 0 7 8 】

以上実施の形態および変形例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および変形例に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、光源としてレーザを用いて一次元アレイ状のライトバルブを走査する構成のディスプレイについて説明したが、図 2 5 に示したように、二次元状に配列された光スイッチング装置 2 0 6 に白色光源 2 0 7 からの光を照射して投射スクリーン 2 0 8 に画像の表示を行う構成とすることもできる。

## 【 0 0 7 9 】

また、基板としては、図 2 6 に示したような例えば厚さ 2 m m 以内の柔軟性を有する（フレキシブルな）基板 2 0 9 を用いるようにしてもよい。これにより、直視により画像を見ることができるペーパー状のディスプレイを実現することが

可能になる。

【 0 0 8 0 】

更に、上記実施の形態では、本発明の光学多層構造体をディスプレイに用いた例について説明したが、例えば光プリンタに用いて感光性ドラムへの画像の描きこみをする等、ディスプレイ以外の光プリンタなどの各種デバイスにも適用することも可能である。

【 0 0 8 1 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の光学多層構造体および光スイッチング素子によれば、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板または透明基板上に、低屈折率材料よりなる第1の透明層、および高屈折率材料よりなる第2の透明層をこの順で配し、かつ、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板と第1の透明層との間、または、第1の透明層と前記第2の透明層との間に設ける構成、あるいは、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板上に、高屈折率材料よりなる第1の透明層、低屈折率材料よりなる第2の透明層、および高屈折率材料よりなる第3の透明層をこの順で配し、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部を、入射光の透過が0となる吸収のある層、部分若しくは基板と第1の透明層との間、第1の透明層と第2の透明層との間、または、第2の透明層と第3の透明層との間に設ける構成とするようにしたので、間隙部の大きさを変化させることにより、基板の反対側より入射した光の反射の量を変化させることができ、簡単な構成で、特に可視光領域においても、高速応答が可能になる。

【 0 0 8 2 】

また、本発明の画像表示装置によれば、本発明の光スイッチング素子を1次元に配列し、この1次元アレイ構造の光スイッチング装置を用いて画像表示を行うようにしたので、高コントラストの表示を行うことができると共に、素子に対して光が垂直に入射する位置で特性を出すことができるので、光学系を組み立てる場合に、偏光等を考慮にする必要がなく、構成が簡単となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る光学多層構造体の間隙部が「 $\lambda/4$ 」のときの構成を表す断面図である。

【図 2】

図 1 に示した光学多層構造体の間隙部が「0」のときの構成を表す断面図である。

【図 3】

図 1 に示した光学多層構造体の製造工程を説明するための断面図である。

【図 4】

図 3 の工程に続く工程を説明するための平面図である。

【図 5】

反射防止特性をアドミッタンスダイアグラムで説明するための図である。

【図 6】

図 5 に示した光学多層構造体に間隙部「 $\lambda/4$ 」を挿入した場合の特性を説明するための図である。

【図 7】

基板が金属のときのアドミッタンスダイアグラムである。

【図 8】

本発明の第 2 の実施の形態に係る光学多層構造体の構成を表す断面図である。

【図 9】

第 2 の実施の形態の変形例を説明するための断面図である。

【図 1 0】

第 1 の実施の形態および第 2 の実施の形態の適用範囲の相違を説明するためのアドミッタンスダイアグラムである。

【図 1 1】

図 1 に示した光学多層構造体の反射特性を表す図である。

【図 1 2】

図 1 に示した光学多層構造体の光学アドミッタンスを説明するための図である

【図 1 3】

第 1 の実施の形態での間隙部の位置による反射特性の相違を説明するための図である。

【図 1 4】

図 1 3 に対応して間隙部の位置を説明するための図である。

【図 1 5】

図 8 に示した光学多層構造体の反射特性を表す図である。

【図 1 6】

図 8 に示した光学多層構造体の光学アドミッタンスを説明するための図である。

【図 1 7】

図 9 に示した光学多層構造体の反射特性を表す図である。

【図 1 8】

図 9 に示した光学多層構造体の光学アドミッタンスを説明するための図である。

【図 1 9】

第 1 の実施の形態の変形例を説明するための図である。

【図 2 0】

光学多層構造体の静電気による駆動方法を説明するための断面図である。

【図 2 1】

光学多層構造体の静電気による他の駆動方法を説明するための断面図である。

【図 2 2】

光学多層構造体の磁気による駆動方法を説明するための断面図である。

【図 2 3】

光スイッチング装置の一例の構成を表す図である。

【図 2 4】

ディスプレイの一例の構成を表す図である。

【図 2 5】

ディスプレイの他の例を表す図である。

【図 2 6】

ペーパー状ディスプレイの構成図である。

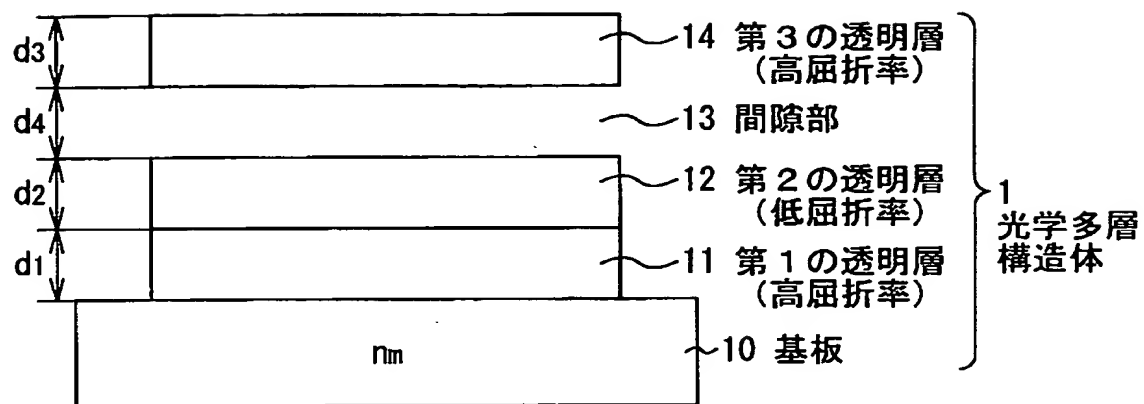
【符号の説明】

1 … 光学多層構造体、 1 0 … 基板、 1 1 … 第 1 の透明層、 1 2 … 第 2 の透明層  
、 1 3 … 間隙部、 1 4 … 第 3 の透明層、 1 0 0 — 光スイッチング装置

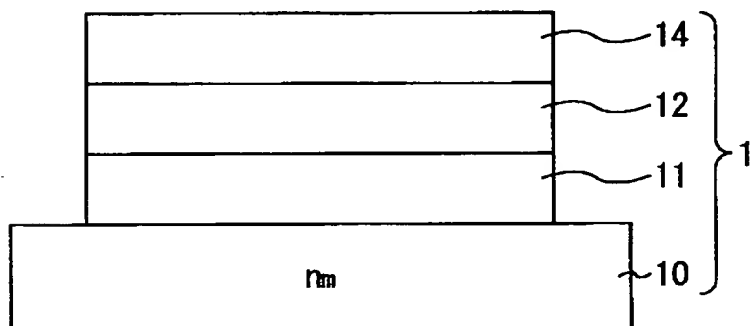


【書類名】 図面

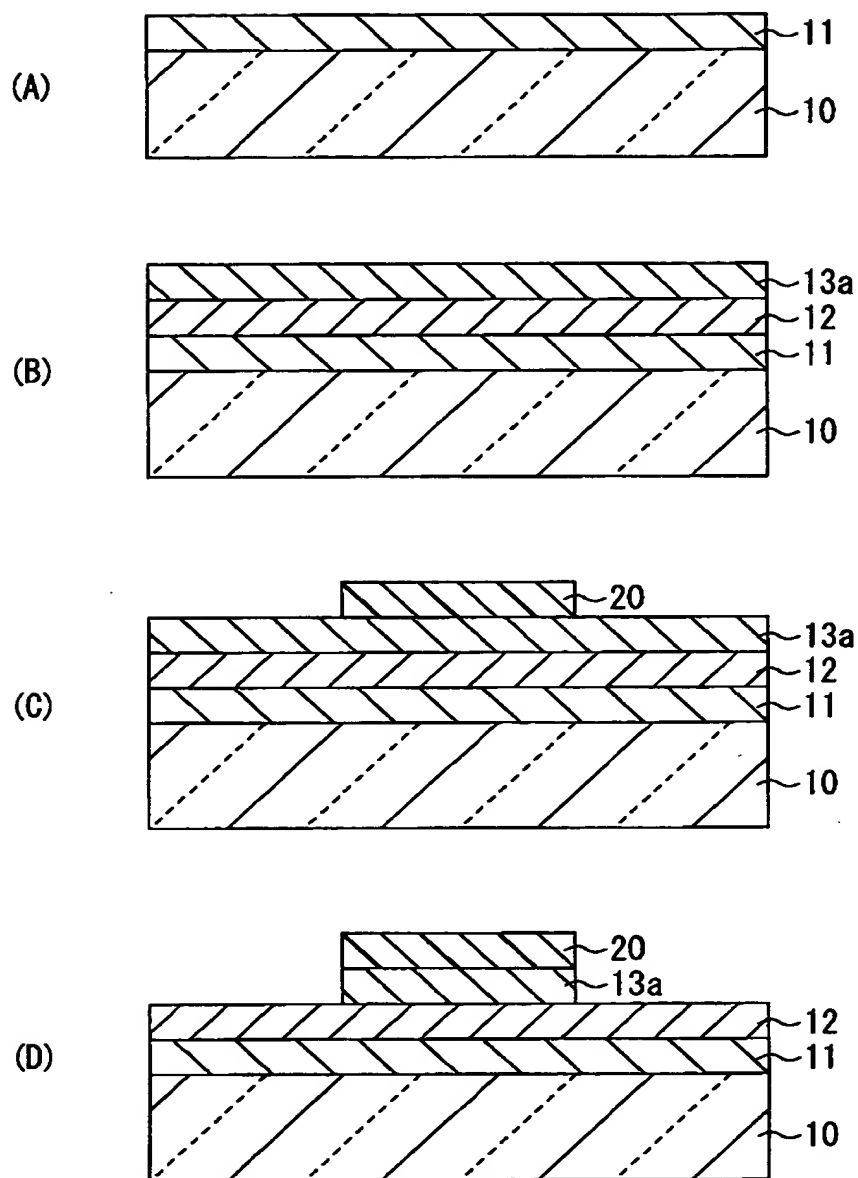
【図 1】



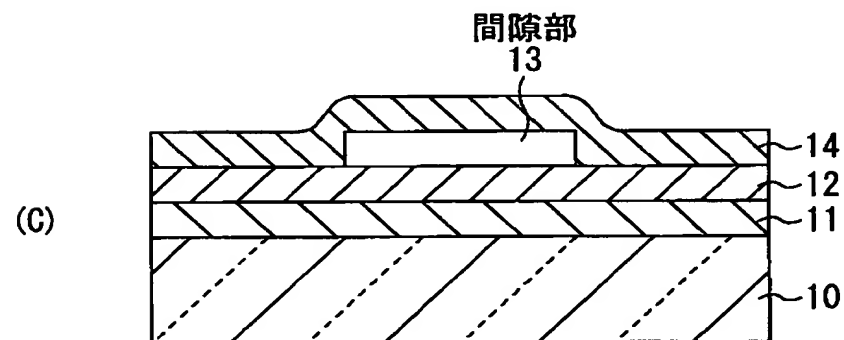
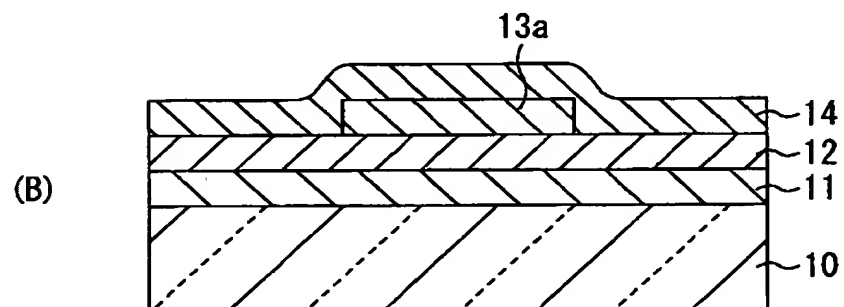
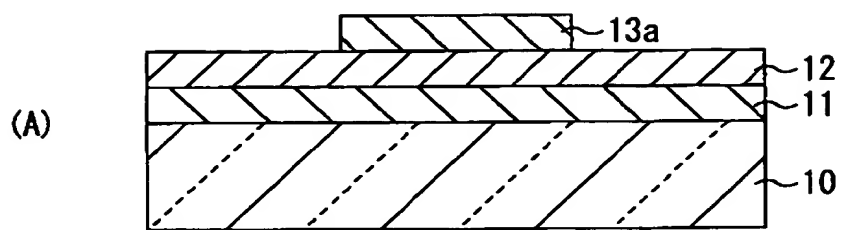
【図 2】



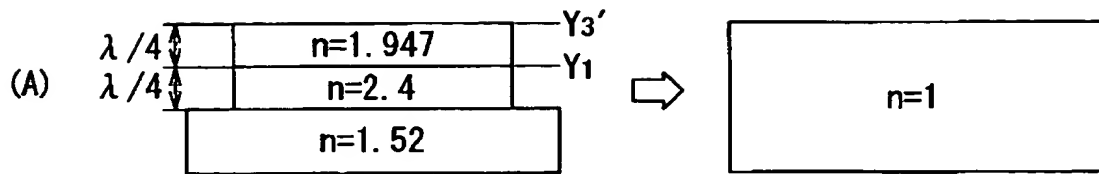
【図 3】



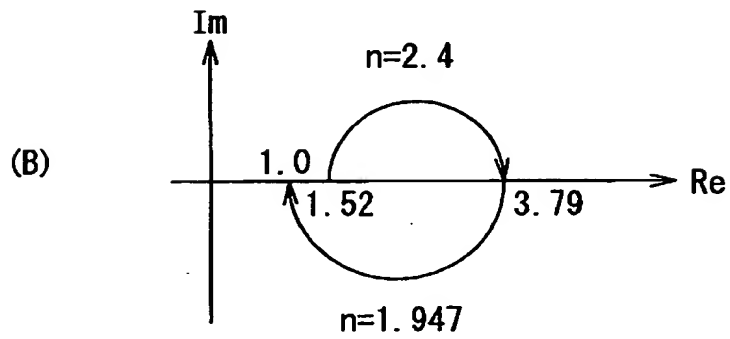
【図 4】



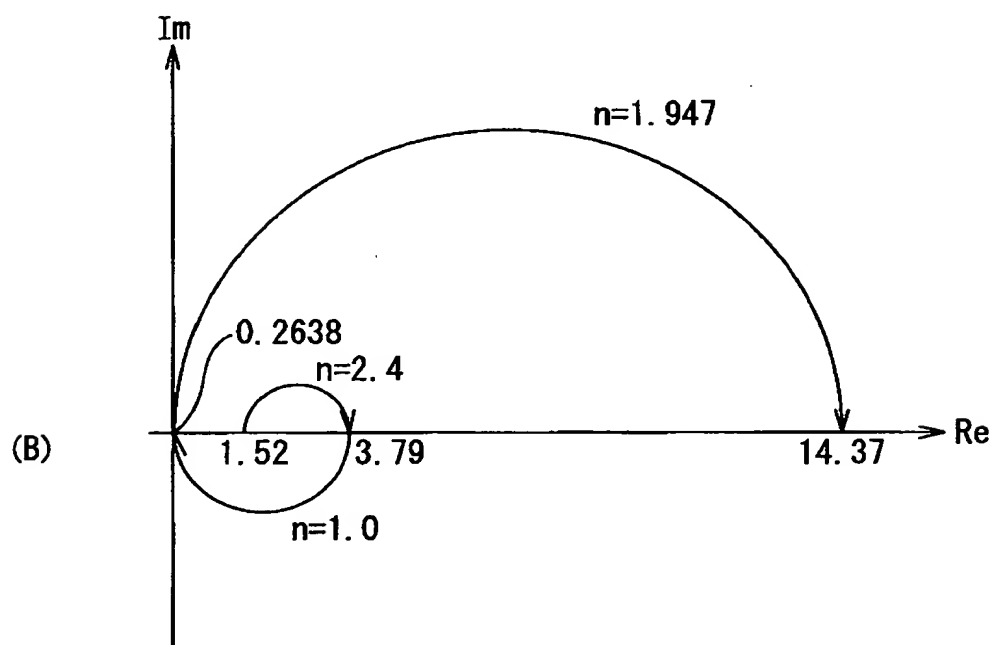
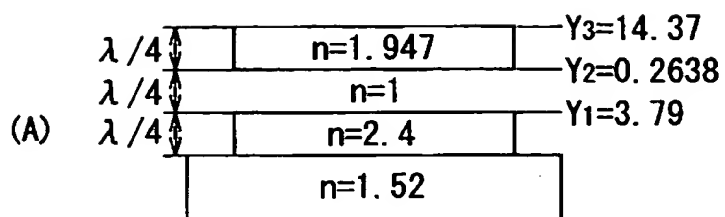
【図 5】



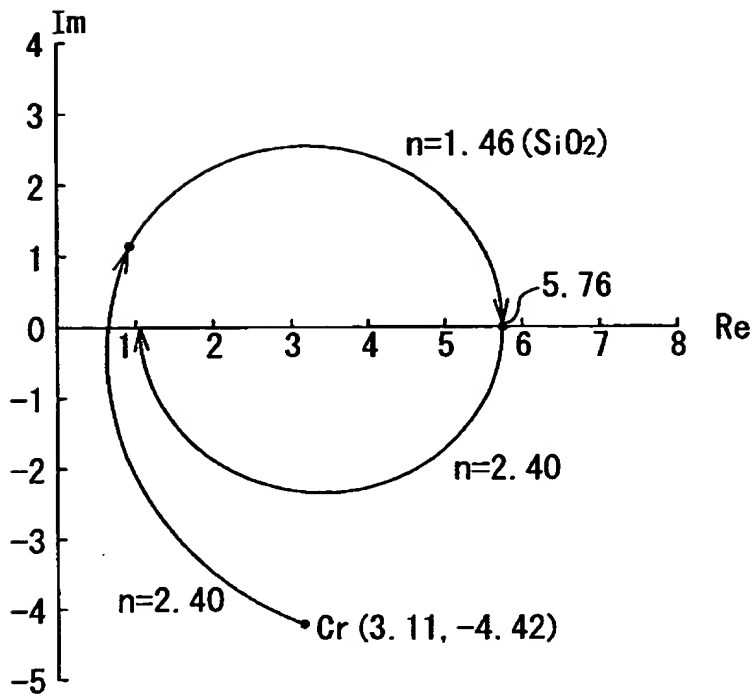
$$Y = \frac{n_1^2}{n_m}$$



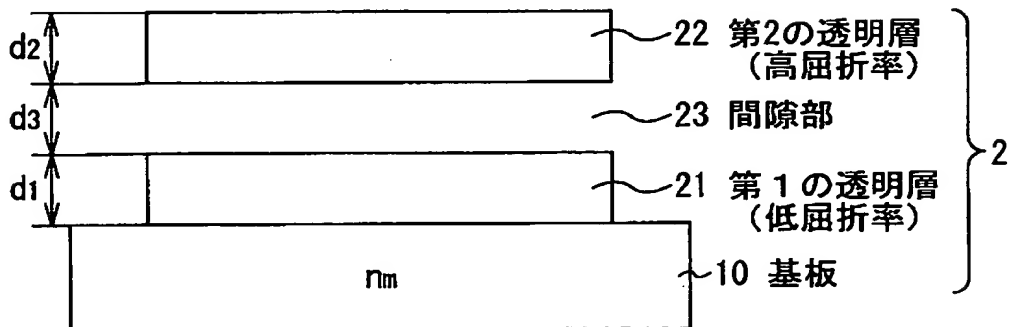
【図 6】



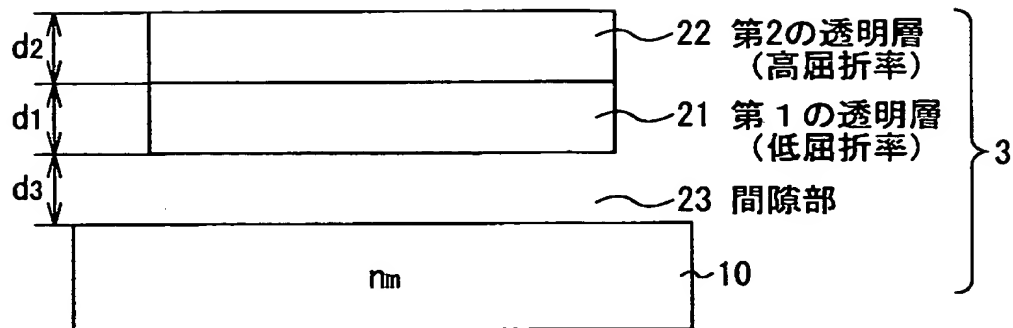
【図 7】



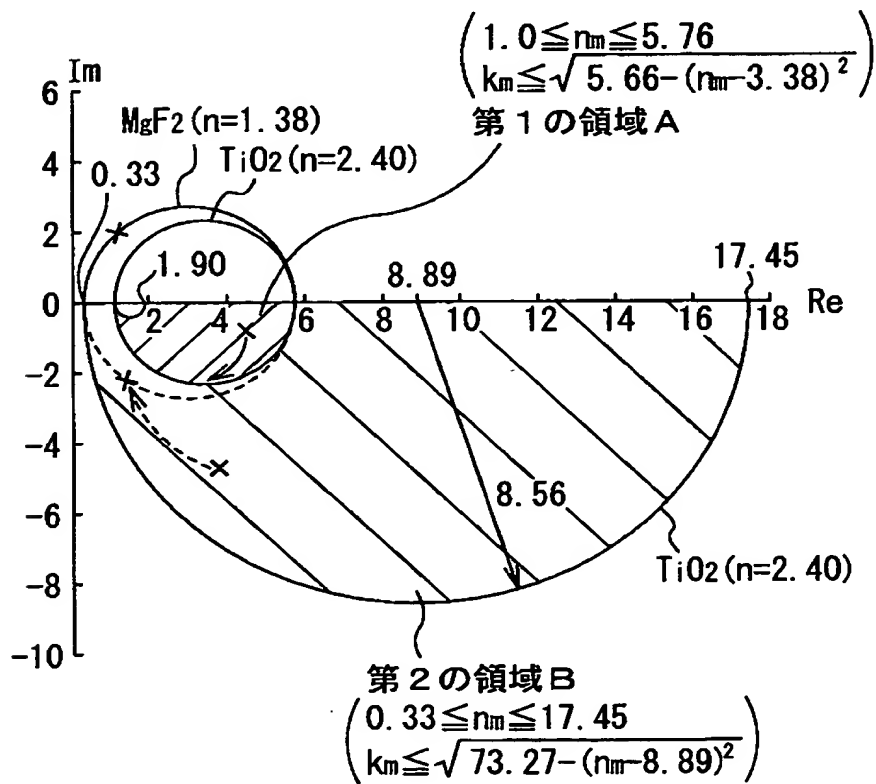
【図 8】



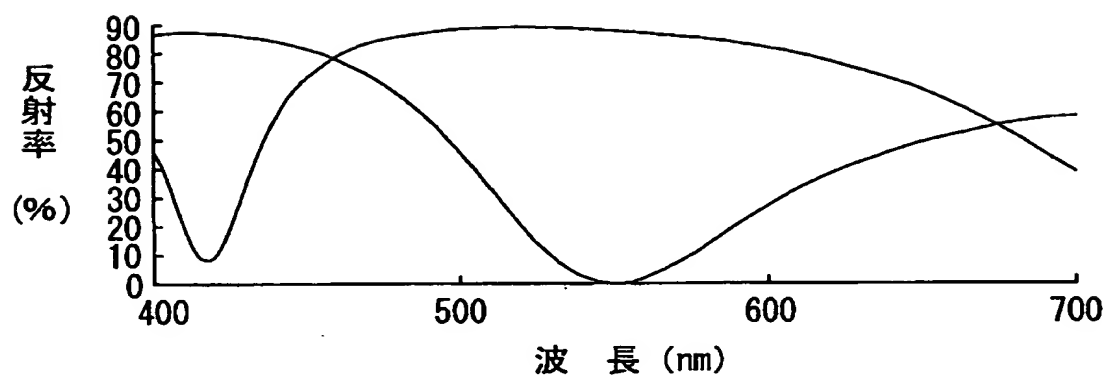
【図9】



【図10】

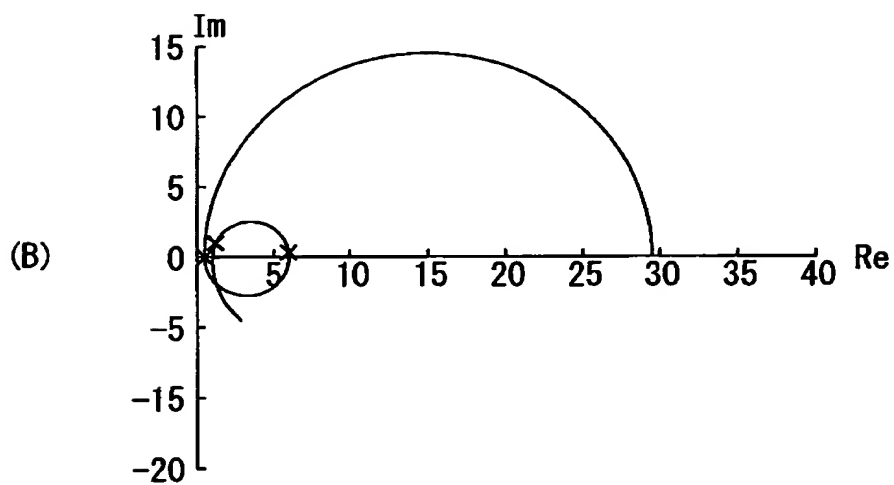
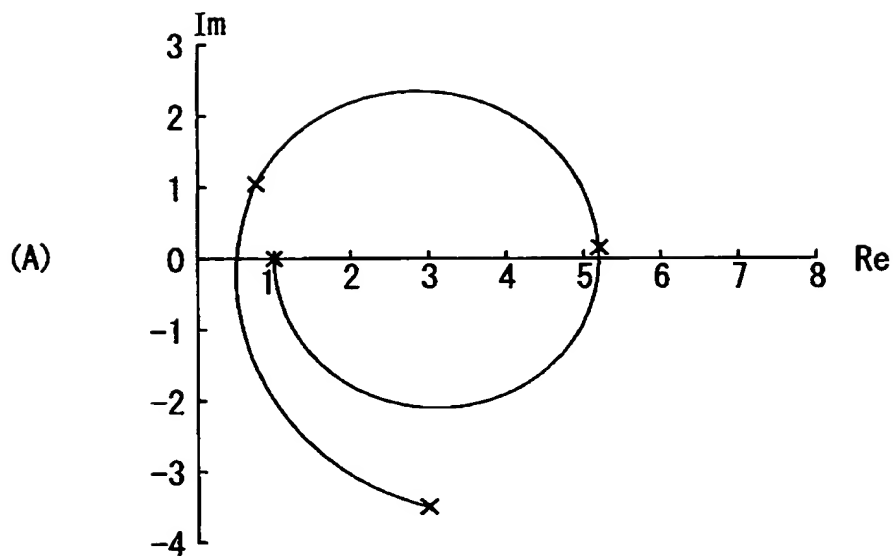


【図 1 1】

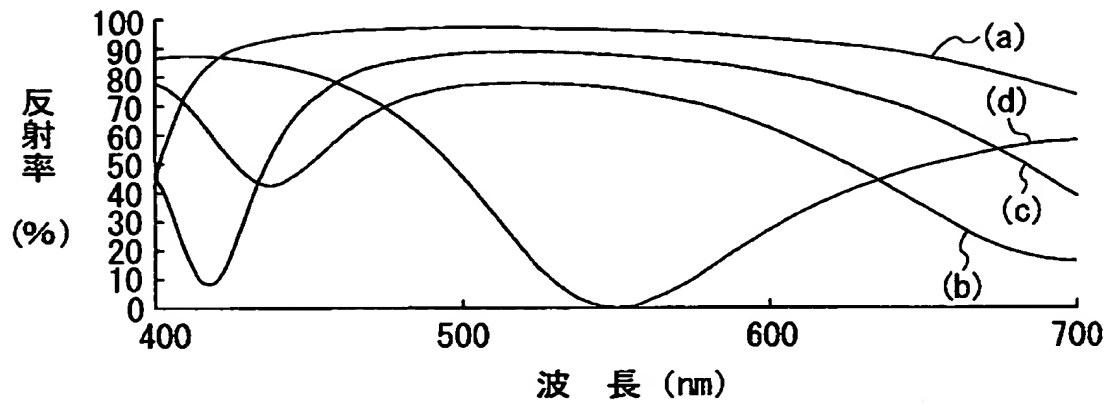




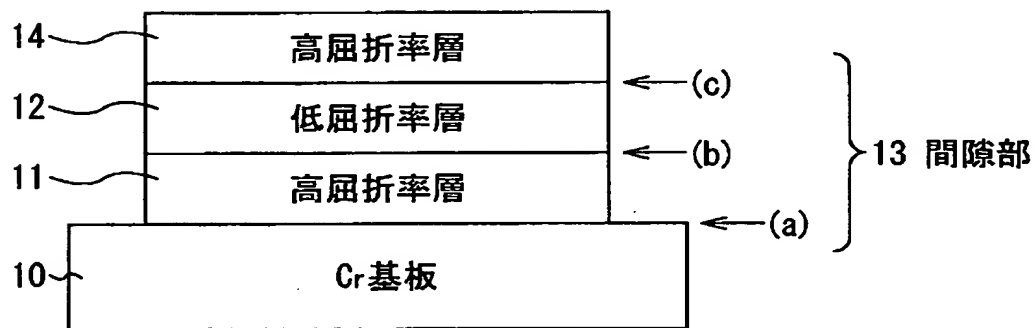
【図 1 2】



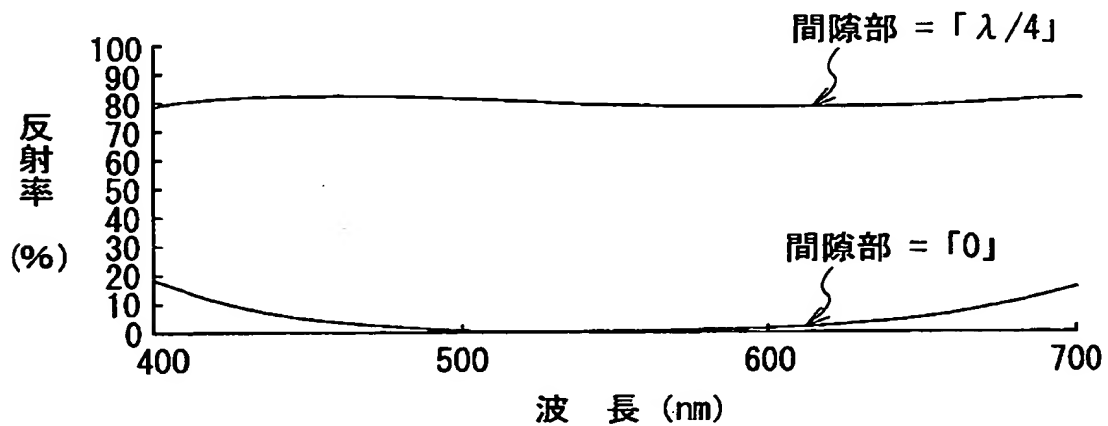
【図 1 3】



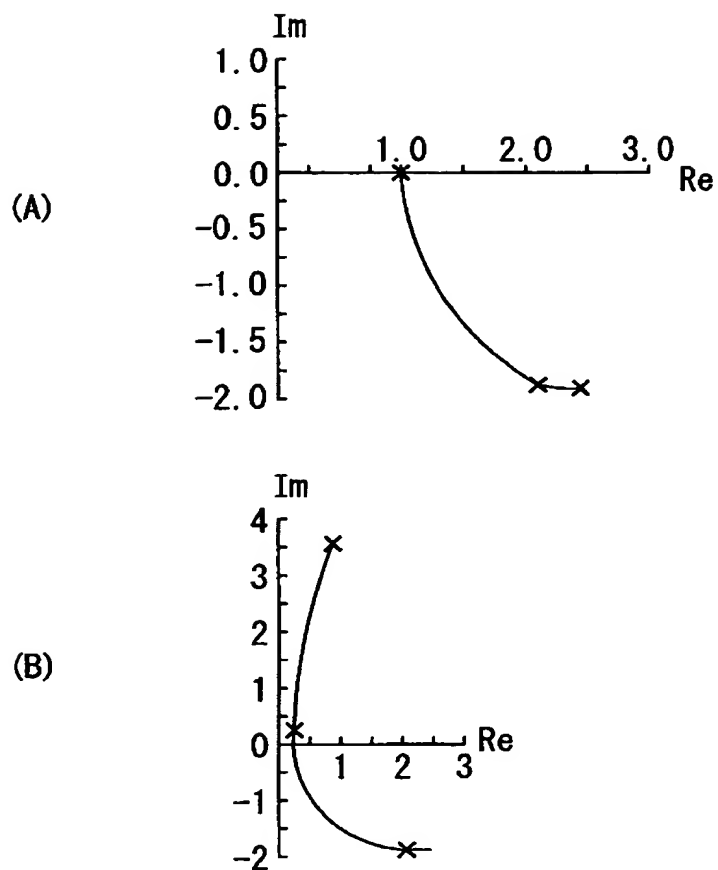
【図 1 4】



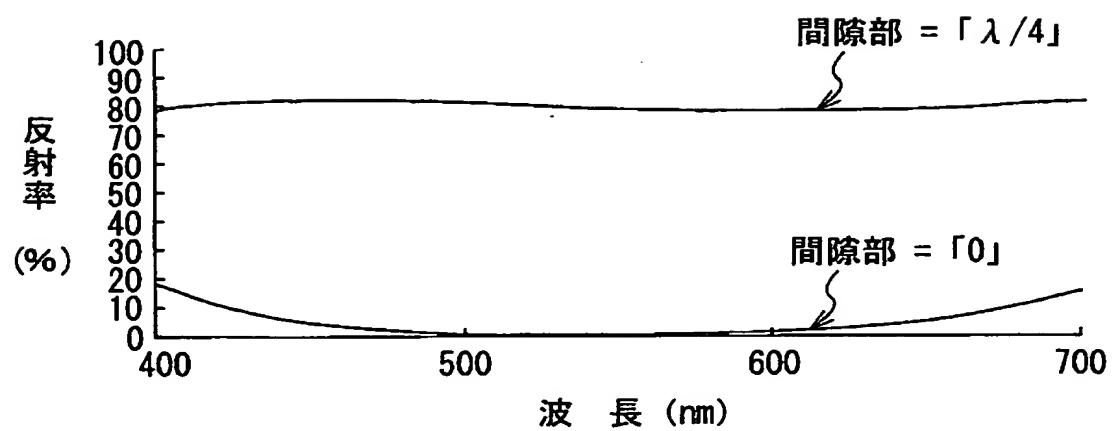
【図 1 5】



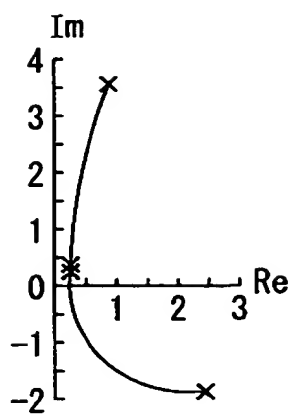
【図 1 6】



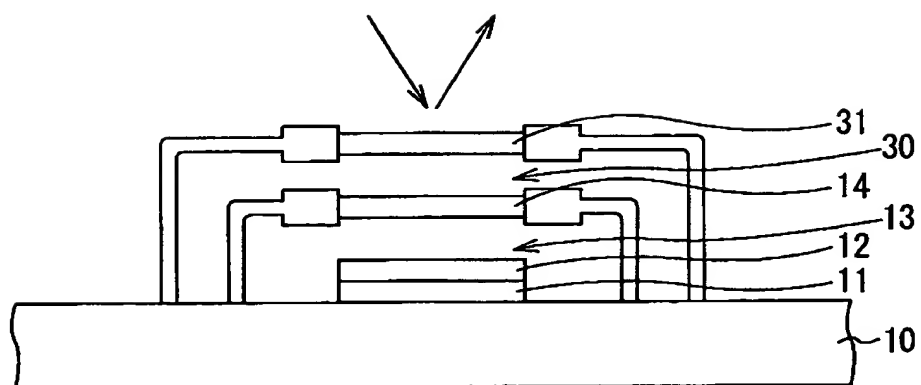
【図 1 7】



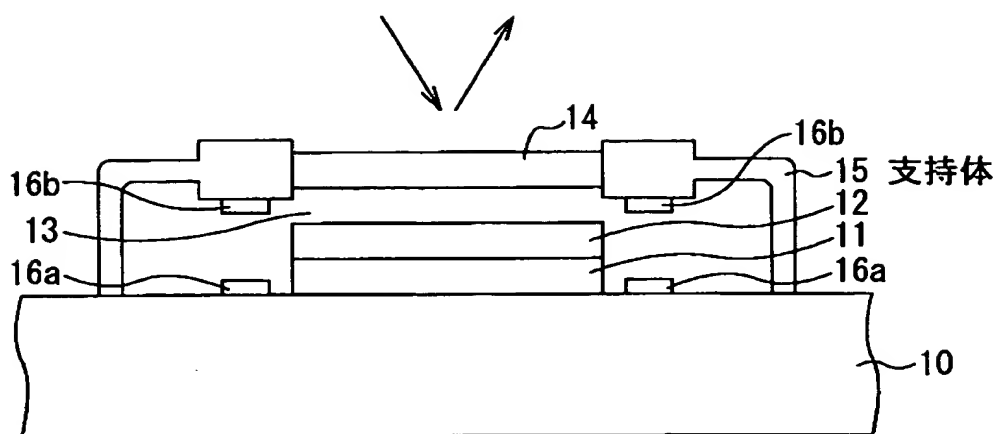
【図18】



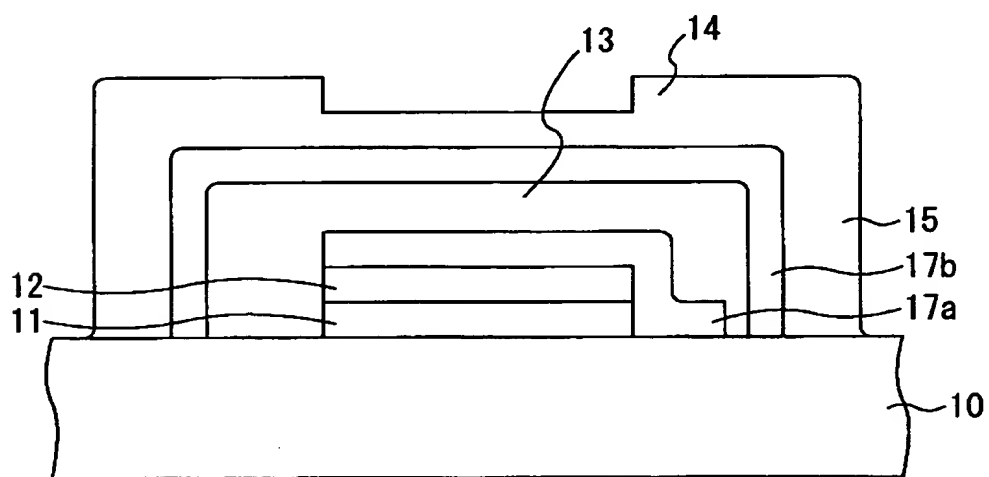
【図19】



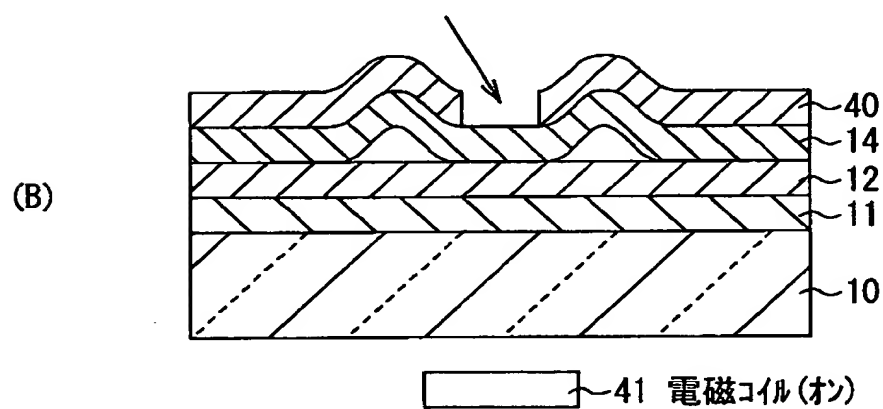
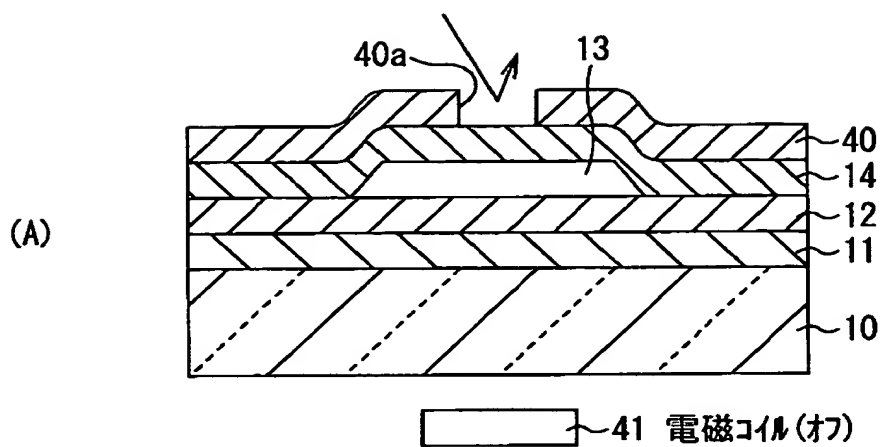
【図 20】



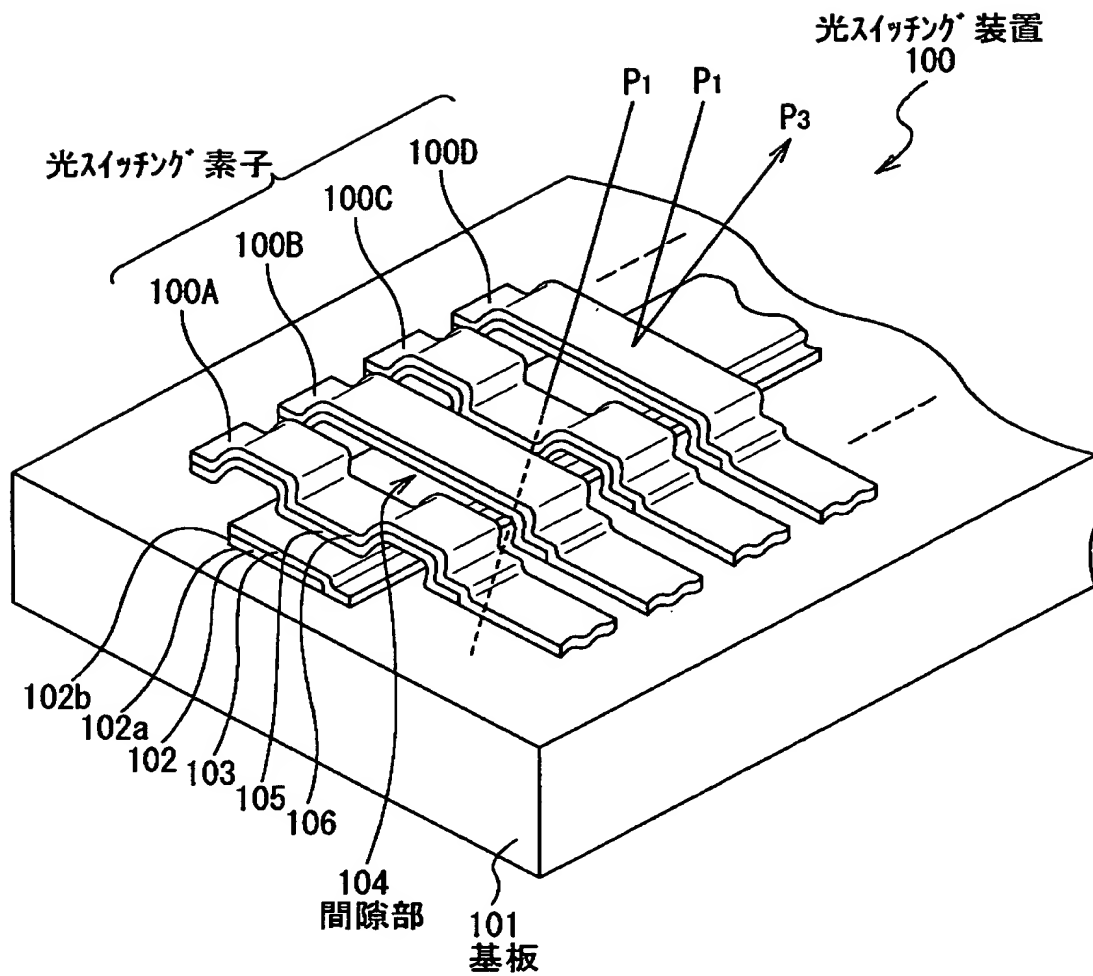
【図 2 1】



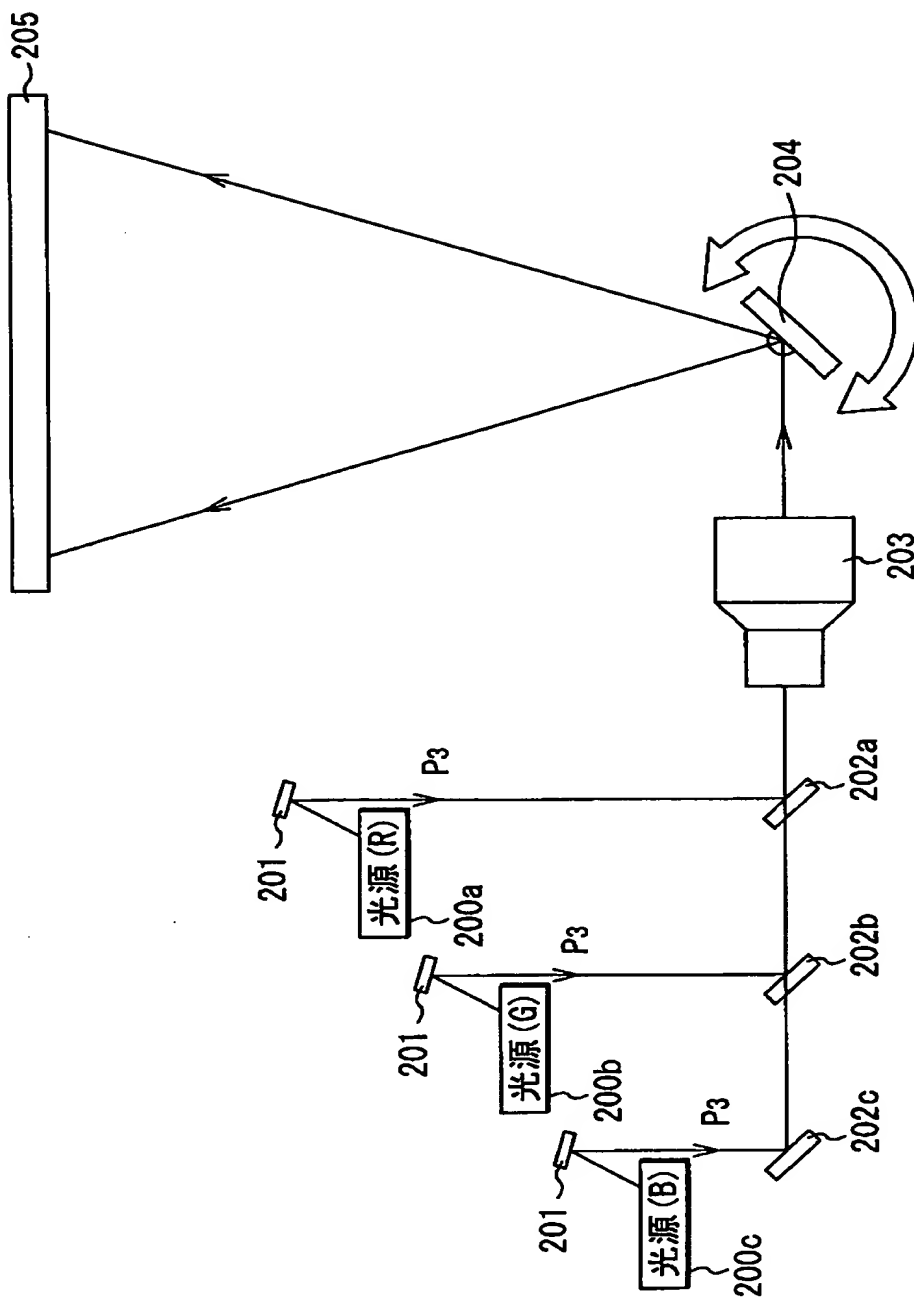
【図 2 2】



【图 2 3】

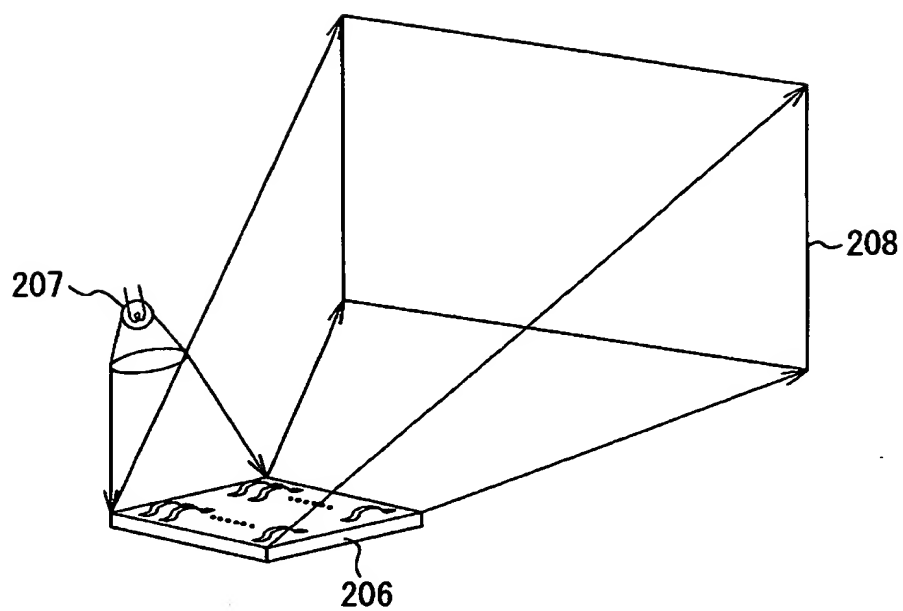


【図 24】

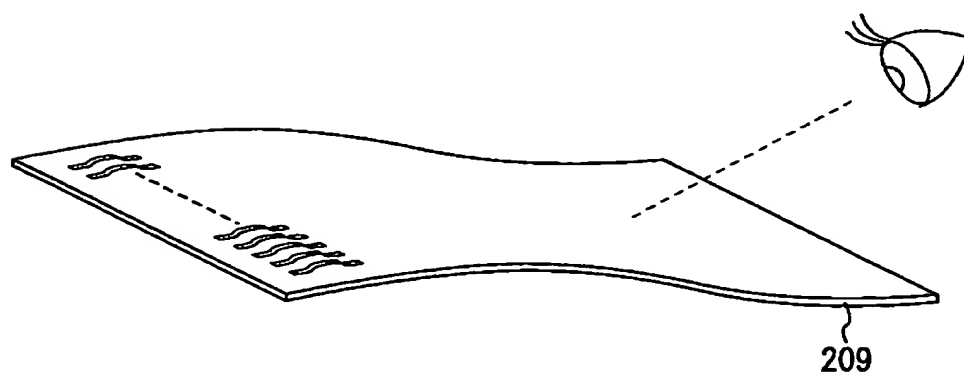




【図 2 5】



【図 2 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 可視光領域においても、高速応答が可能であり、画像表示装置に好適に用いることができる光学多層構造体を提供する。

【構成】 光学多層構造体 1 は、例えばクロム (C r) などの金属からなる基板 1 0 の上に、例えば  $TiO_2$  ( $n = 2.40$ ) などの高屈折率材料からなる第 1 の透明層 1 1、例えば  $MgF_2$  ( $n = 1.38$ ) などの低屈折率材料からなる第 2 の透明層 1 2、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさを変化させることのできる間隙部 1 3、および  $TiO_2$  などの高屈折率材料からなる第 3 の透明層 1 4 を積層して構成されている。間隙部 1 3 の大きさを変化させることにより、基板 1 1 の反対側より入射した光の反射の量が変化する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社